

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/051007

International filing date: 07 March 2005 (07.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE

Number: 10 2004 010 849.8

Filing date: 05 March 2004 (05.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 22 July 2005 (22.07.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



13 JUL 2005

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

10 2004 010 849.8

Anmeldetag:

05. März 2004

Anmelder/Inhaber:

BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH,
81739 München/DE

Erstanmelder: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE

Bezeichnung:

Lineare Antriebseinheit mit Schwingungsankerteil
und Feder

IPC:

H 02 K 33/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. Mai 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schäfer

Beschreibung

Lineare Antriebseinheit mit Schwingungsankerteil und Feder

5 Die Erfindung bezieht sich auf eine lineare Antriebseinheit

- mit mindestens einer Erregerwicklung,
- mit einem von dem Magnetfeld der Wicklung in eine lineare, um eine Mittenposition in einer axialen Richtung oszillierende Schwingung zu versetzenden magnetischen Ankerteil

10 und

- mit mindestens einer ortsfest eingespannten Federn, die in Bewegungsrichtung wirkend an dem Ankerteil mit ihrem schwingungsfähigen Ende angreift.

Eine entsprechende Antriebseinheit geht aus der JP 2002-15 031054 A hervor.

Entsprechende Antriebseinheiten werden insbesondere dafür eingesetzt, Pumpkolben von Verdichtern in eine lineare, oszillierende Schwingung zu versetzen. Das System aus einem 20 derartigen Verdichter mit linearer Antriebseinheit wird deshalb auch als Linearverdichter bzw. -kompressor bezeichnet (vgl. die eingangs genannte JP-A-Schrift).

Bei entsprechenden bekannten Linearverdichtern bildet der Ankerteil mit Blattfedern, die im Allgemeinen eine kreisscheibenförmige Gestalt haben (vgl. die eingangs genannte JP-A-Schrift), ein Feder-Masse-System mit einer bestimmten Eigenfrequenz. Soll der Linearverdichter mit 50 Hz (d.h. mit der Netzfrequenz) schwingen, so wurde nach dem bisherigen Stand 30 der Technik die Federkonstante der beiden Blattfedern in Verbindung mit der Ankermasse so ausgelegt, dass die Eigenfrequenz des Feder-Masse-System gleich 50 Hz war. Ferner entsprach die Ruhelage der Federn der Mittenposition der gewünschten Ankerschwingung. Im Betrieb liefert ein so ausgelegter Linearverdichter nur einen begrenzten Wirkungsgrad und zeigt ein verhältnismäßig trüges Anlaufverhalten.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, den linearen Antrieb mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend zu verbessern, dass er gegenüber dem Stand der Technik einen vergleichsweise höheren Wirkungsgrad sowie einen leichteren 5 und schnelleren Anlauf ermöglicht.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist die lineare Antriebseinheit die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale auf. Demgemäß soll in der Mittenposition des Ankerteils der Angriffspunkt der Feder 10 an dem Ankerteil bezüglich ihrer Einspannstelle axial um eine vorbestimmte Wegstrecke verschoben sein. Unter der Mittenposition des Ankerteils wird dabei die Lage des Ankerteils verstanden, die dieser während seiner Schwingungsphase zwischen seinen beiden maximalen seitlichen Auslenkungen einnimmt.

15

Befindet sich der Ankerteil in seiner Ruhelage, so wird dieser aufgrund der dann gegebenen Vorspannung der Feder gegenüber der Mittenposition nach einer Seite hin verschoben. Die mit dieser Ausgestaltung der Antriebseinheit verbundenen 20 Vorteile sind insbesondere in geringeren elektrischen Verlusten, einem höheren Wirkungsgrad, einer leichteren Steuerbarkeit und Regelbarkeit der Ankerbewegung zu sehen. Außerdem werden damit auch die Anlaufeigenschaften der Antriebeinheit verbessert.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Antriebseinheit gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor. Dabei kann die Ausführungsform nach Anspruch 1 mit den Merkmalen eines der Unteransprüche oder vorzugsweise auch mit denen aus 30 mehreren Unteransprüchen kombiniert werden. Demgemäß können für die Antriebseinheit zusätzlich noch folgende Merkmale vorgesehen werden:

- So kann die mindestens eine Feder insbesondere als quer zur Bewegungsrichtung des Ankerteils eingespannte Blattfeder gestaltet sein.
- Außerdem können mehrere Federn zu beiden Seiten der Mittenposition vorgesehen sein. Insbesondere bei Verwendung

von Blattfedern ist so eine Halterung und Führung des Ankerteils möglich.

- Ferner kann vorteilhaft der Ankerteil mit wenigstens einem Pumpkolben eines Verdichters verbunden sein, wobei die axiale Verschiebung des Angriffspunktes der wenigstens einen Feder an dem Ankerteil in Richtung von dem Verdichter wegführend vorgesehen wird. Mit dieser Maßnahme werden gerade die Anlaufeigenschaften des Systems aus Ankerteil und Kolben verbessert.
- 5 10 - Besonders vorteilhaft können Federn mit geringer Federkonstanten bzw. Steifigkeit vorgesehen werden. Gerade derartig ausgebildete Federn sind besonders geeignet für die erfindungsgemäße Verschiebung ihrer Angriffspunkte an dem Ankerteil.
- 15 - Vorzugsweise wird die axiale Verschiebung des Angriffspunktes der wenigstens einen Feder in Abhängigkeit von ihrer Federkonstanten gewählt.
- Außerdem ist es als besonders vorteilhaft anzusehen, wenn die Federkonstante der wenigstens einen Feder so bemessen wird, dass die Eigenfrequenz der Antriebseinheit im Zusammenwirken mit der gesamten schwingenden Masse geringer ist 20 als die Frequenz der antreibenden Magnetkraft.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Antriebseinheit gehen aus den vorstehend nicht angesprochenen Ansprüchen und der Zeichnung hervor.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand der Zeichnung noch weiter erläutert. Dabei zeigen

- 30 deren Figur 1 schematisch von einem Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Antriebseinheit den bezüglich einer Symmetrieachse oberen Teil,
- deren Figur 2 die Ankerbewegung und elektrisch eingeprägte Kraft in einer solchen Antriebseinheit
- 35 und
- deren Figur 3 einen Simulationsaufbau zur Auslegung der Federn.

Für eine erfindungsgemäße Antriebseinheit können an sich bekannte, in Schwingungs-/Bewegungsrichtung ihres Ankerteils wirkende Federn verwendet werden. Besonders geeignet erscheint die Verwendung von wenigstens einer Feder, vorzugsweise von zwei Blattfedern. Solche Blattfedern seien für das nachfolgende Ausführungsbeispiel ausgewählt. Sie ermöglichen bei geringer Steifigkeit bzw. Federkonstanten k in der zu der Ebene der Feder senkrechten Schwingungs-/Bewegungsrichtung dennoch eine hinreichend gute seitliche Stabilisierung oder Halterung des schwingenden Ankerteils senkrecht zu dessen Bewegungsrichtung. Selbstverständlich sind aber auch andere Federtypen wie Spiral- oder Schraubenfedern anwendbar. Zu einer seitlichen Führung können auch in bekannter Weise Lager vorgesehen werden.

Figur 1 zeigt schematisch im Wesentlichen nur den oberen Teil eines Querschnitts durch eine zweiteilige lineare Antriebseinheit 10 nach der Erfindung; d.h., in der Figur sind nur die Einzelheiten des Teils der Einheit dargestellt, die sich auf einer Seite einer Symmetrieachse S, die sich in einer axialen Schwingungsrichtung erstreckt, befinden. Entsprechend symmetrisch aufgebaute Antriebseinheiten sind an sich bekannt (vgl. z.B. US 6 323 568 B1). Die erfindungsgemäße Antriebseinheit 10 umfasst mindestens eine Erregerwicklung 11, der mindestens ein magnetflussführender Jochkörper 12 zugeordnet ist. In einer zentralen, kanalartigen Öffnung oder einem schlitzartigen Spalt 13 dieses Jochkörpers befindet sich ein magnetischer Anker oder Ankerteil 15. Dieser Anker enthält zwei axial hintereinander angeordnete Permanentmagneten 9a und 9b, deren gegensinnigen Magnetisierungsrichtungen durch gepfeilte Linien m1 und m2 angedeutet sind. Er kann in dem sich ändernden magnetischen Feld der Wicklung 11 in axialer Richtung eine oszillierende Bewegung ausführen, wobei er um eine Mittenposition M_p schwingt. Die maximale Auslenkung aus dieser Mittenposition in axialer Richtung x, d.h. die Schwingungsamplitude ist mit $+L_1$ bzw. $-L_2$ bezeichnet.

Wie ferner in der Figur angedeutet ist, sollen die beiden Blattfedern 2 und 2', die zu beiden Seiten der Mittenposition Mp an verlängerten Teilen des Ankers 15 an Angriffspunkte A 5 bzw. A' angreifen, so befestigt sein, dass sie in der gezeigten Mittenstellung des Ankers 15 bereits eine Kraft in x-Richtung ausüben. Mit x_0 und $-x_0$ sind die (Ausgangs-)Positionen der Angriffspunkte A und A' der Federn 2 und 2' unter Ausbildung der Vorspannung bezeichnet, die sich bei einer 10 symmetrischen Anordnung des Ankerteils 15 mit seinen beiden Magnetteilen 9a und 9b bzgl. der Mittenposition Mp ergeben. Dabei wird vorteilhaft die Federkonstante k der wenigstens 15 einen Feder so bemessen, dass die Eigenfrequenz $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ der Antriebseinheit im Zusammenwirken mit der gesamten schwingenden Masse m geringer ist als die Frequenz der von der Erregerwicklung hervorzuруfenden antreibenden Magnetkraft. Die Größe von k lässt sich dabei mittels Rechenverfahren bestimmen.

Bei der erfindungsgemäßen Antriebseinheit ist also die Ruhestellung des Ankers, in der die Federkräfte gerade aufgehoben werden, von der Mittenposition um eine vorbestimmte Wegstrecke Δx nach einer Seite hin verschoben. Die damit verbundene Vorspannkraft soll dabei seitlich in die x-Richtung wirken, wo sich ein Verdichter V bzw. sein Pumpkolben befindet. Hierzu geht zumindest auf dieser Seite der Anker 15 axial in einen seitlichen, nicht näher ausgeführte Verlängerungsteil 16 über, der starr mit dem Pumpkolben des Verdichters V verbunden ist. Entsprechende, mit linearen Antriebseinheiten verbundene Verdichter von Linearkompressoren und ihre Einzelteile 25 gehören zum Stand der Technik (vgl. z.B. die genannte JP 2002-031054 A oder die US 6 323 568 B1). Auf ihre Darstellung ist deshalb verzichtet.

Figur 1 zeigt den Anker 15 zu dem Zeitpunkt, da er sich bei 35 seiner oszillierenden Bewegung gerade symmetrisch zu der Mit-

tenposition M_p befindet. In dieser Position sind folglich die ortsfest an Befestigungspunkten B bzw. B' befestigten Federn 2 und $2'$ an ihren Angriffspunkten A bzw. A' gerade um die Wegstrecke Δx nach der von der Verdichterseite wegführenden

5 Seite hin verbogen. Dies führt dazu, dass der Anker in der Ruhestellung, in der die Federkräfte nicht wirken, von seiner (gezeigten) Mittelstellung in Richtung auf den Verdichter V hin verschoben wird.

10 Für das Diagramm der Figur 2 ist eine Bewegung des Mittelpunkts des Ankers 15 zwischen den Punkten $x = -L_2$ und $x = +L_1$ angenommen, wobei L_1 und L_2 jeweils z.B. ungefähr 10 mm betragen. Die Figur zeigt ebenfalls beispielhaft die elektrisch eingeprägte Kraft F_{el} (Kurve K1) in N und die Position x (Kurve K2) in mm in Abhängigkeit von der Zeit in sec. Die Stellen der Richtungsumkehr des Ankers sind durch gestrichelte, mit R_u bezeichnete Linien mit verstärkter Linienbreite angedeutet.

15

20 **Grundlagen zur Federauslegung eines Systems aus Antriebseinheit und Kompressor (Verdichter)**

Für die nachfolgenden Betrachtungen wird von einer linearen Antriebseinheit 10 ausgegangen, deren Anker 15 mit einem Pumpkolben eines Verdichters V bzw. Kompressors verbunden ist. Vereinfachend sei nachfolgend angenommen, dass $L_1 = L_2 = L$ ist.

30 Die elektromagnetisch auf den Anker 15 eingeprägte Kraft F_{el} soll betragmäßig entweder null sein oder einen festen Wert annehmen können, wobei das Vorzeichen der Kraft immer so gewählt ist, dass die Kraft in Bewegungsrichtung wirkt. Die elektrische Kraft F_{el} sei ungleich Null nur für einen Anteil a des Weges ($0 < a < 1$; a wird nachstehend als "duty cycle" bezeichnet). Es sei k die Summe der Federkonstanten in Bewegungsrichtung und x_0 die Federruhelage gegenüber der Ankermittellage.

Für $\dot{x} < 0$, was dem Rücklauf weg vom Verdichter entspricht, ist die dem Anker elektrisch zugeführte Energie gegeben durch

$$E_{el-} = F_{el} \cdot 2L \cdot a, \quad \text{Eq. 1}$$

und vom Ankertotpunkt $x = +L$ zum Ankertotpunkt $x = -L$ ändert sich die potentielle Energie der Feder um

$$\Delta E_{Feder} = (k/2)(-L - x_0)^2 - (k/2)(L - x_0)^2. \quad \text{Eq. 2}$$

5 Beide Energien müssen gleich sein, d.h.

$$\Delta E_{Feder} = E_{el-}. \quad \text{Eq. 3}$$

Für $\dot{x} > 0$, was dem Vorlauf hin zum Verdichter entspricht, ist die dem Anker elektrisch zugeführte Energie (wiederum) gegeben durch

$$E_{el+} = F_{el} \cdot 2L \cdot a, \quad \text{Eq. 4}$$

10 und vom Ankertotpunkt $x = -L$ zum Ankertotpunkt $x = +L$ ändert sich die potentielle Energie der Feder um $-\Delta E_{Feder}$.

Die insgesamt innerhalb einer Schwingung zugeführte elektrische Energie $E_{el} = E_{el+} + E_{el-}$ muss bei einer konstanten Schwingungsamplitude L und vernachlässigbarer Reibung gleich der im Kompressor verbrauchten Energie E_{comp} sein. Der (als kon-

15 stant angenommene) Wert der elektrischen Kraft ergibt sich somit zu

$$F_{el} = \frac{E_{comp}}{4L \cdot a}. \quad \text{Eq. 5}$$

Sind die Federkonstante k sowie die elektrische Energie E_{el} (d.h. die elektrische Kraft F_{el} , die Schwingungsamplitude L und der *duty cycle* a) gegeben, so kann man durch Einsetzen von Eq. 1 und Eq. 2 in Eq. 3 die notwendige Federruhelage berechnen:

$$x_0 = \frac{E_{el-}}{2k \cdot L} = \frac{F_{el} \cdot 2L \cdot a}{2k \cdot L} = \frac{F_{el} \cdot a}{k}. \quad \text{Eq. 6}$$

Aus Eq. 6 erkennt man:

Die Feder muss immer in positiver Richtung vorgespannt sein, und der Vorspannungsweg ist um so geringer, je höher die Federkonstante k ist.

Verfahren zur Federauslegung

Die Feder soll so ausgelegt werden, dass der Anker bezüglich $x=0$ symmetrisch im Joch schwingt (d.h. zwischen $x=-L$ und $x=+L$), wobei die Frequenz f der Ankerschwingung näherungsweise einem Zielwert f_{target} entspricht.

Bei gegebener Ankermasse, Schwingungsamplitude L und Kompressorkennlinie ist die Schwingungsfrequenz f nur noch von zwei Größen abhängig: der Federkonstante k und dem *duty cycle* a . Es gilt:

- je größer k , desto größer f ;
- je kleiner a , desto größer f .

Die Federauslegung kann wie folgt erfolgen:

1. Festlegen der Schwingungsamplitude L und Bestimmung der Kompressorenergie E_{comp} unter Normbedingungen, wo eine optimale Federauslegung angestrebt wird.
2. Festlegen des *duty cycle* a und Berechnung der elektrischen Kraft F_{el} nach Eq. 5 (bzw. Berechnung des der Kraft entsprechenden Spulenstromes).
3. Festlegen der Federkonstante k und Berechnung der Federruhelage x_0 nach Eq. 6.
4. Simulation des für Figur 3 angenommenen Feder-Kompressor-Masse-Systems und Bestimmung der Schwingungsfrequenz f .
5. Falls f und der Zielwert f_{target} zu stark voneinander abweichen, Rücksprung zu 2. (Änderung des *duty cycle* a) oder 3. (Änderung der Federkonstante k).

Beispielrechnungen

Die Beispielrechnungen beziehen sich auf einen bekannten Kompressor bei einem Hub von $2L=20\text{mm}$ und Normdruckbedingungen ($P_{\text{max}} - P_{\text{min}} = (7.7 - 0.6)\text{bar}$). Da das Totvolumen als verschwindend klein angenommen wird, erzeugt es auch keine rückstellende Kraft. Die pro Schwingung im Kompressor geleistete mechanische Arbeit beträgt unter diesen Bedingungen 0.7753 J . Soll

die mechanische Leistung 40W betragen, so wird eine Schwingungsfrequenz von 51.6 Hz benötigt.

Im Simulationsblockschaltbild nach Figur 3 haben m (Masse) und c (Reibkoeffizient) die Werte 90 g und 0.336 Ns/m.

5 In nachstehender Tabelle sind der *duty cycle* a und die Federkonstante k als Eingangsgrößen zu betrachten, während die elektrische Kraft F_{el} , die Federruhelage x_0 und die Schwingungsfrequenz f die Ergebnisgrößen der Rechnung sind.

duty cycle a [-]	Federkonst. k [N/mm]	el. Kraft F_{el} [N]	Ruhelage x_0 [mm]	Frequenz f [Hz]
1.0	2.50	19.4	7.8	35.2
0.8	2.50	24.2	7.8	40.4
0.5	2.50	38.8	7.8	46.2
0.7	5.00	27.7	3.9	51.0

Patentansprüche

1. Lineare Antriebseinheit

- mit mindestens einer Erregerwicklung,

5 - mit einem von dem Magnetfeld der Wicklung in eine lineare, um eine Mittenposition in einer axialen Richtung oszillierende Schwingung zu versetzenden magnetischen Ankerteil und

- mit mindestens einer ortsfest an einer Einspannstelle eingespannten Feder, die in Bewegungsrichtung wirkend an dem Ankerteil mit ihrem schwingungsfähigen Ende angreift,

10 dadurch gekennzeichnet, dass in der Mittenposition (M_p) des Ankerteils (15) der Angriffspunkt (A, A') der Feder (2, 2') an dem Ankerteil (15) bezüglich ihrer Einspannstelle (B, B') axial um eine vorbestimmte Wegstrecke (Δx) verschoben ist.

20 2. Antriebseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Feder (2, 2') als quer zur Bewegungsrichtung des Ankerteils (15) eingespannte Blattfeder gestaltet ist.

3. Antriebseinheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Federn (2, 2') zu beiden Seiten der Mittenposition (M_p) vorgesehen sind.

30 4. Antriebseinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ankerteil (15) mit wenigstens einem Kolben eines Verdichters (V) verbunden ist, wobei die axiale Verschiebung (Δx) des Angriffspunktes (A, A') der Feder (2, 2') an dem Ankerteil (15) in Richtung von dem Verdichter (V) wegführend vorgesehen ist.

35 5. Antriebseinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mindestens eine Feder (2, 2') mit geringer Federsteifigkeit.

6. Antriebseinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Verschiebung (Δx) des Angriffspunktes (A, A') der Feder (2, 2') in Abhängigkeit von ihrer Federsteifigkeit gewählt ist.

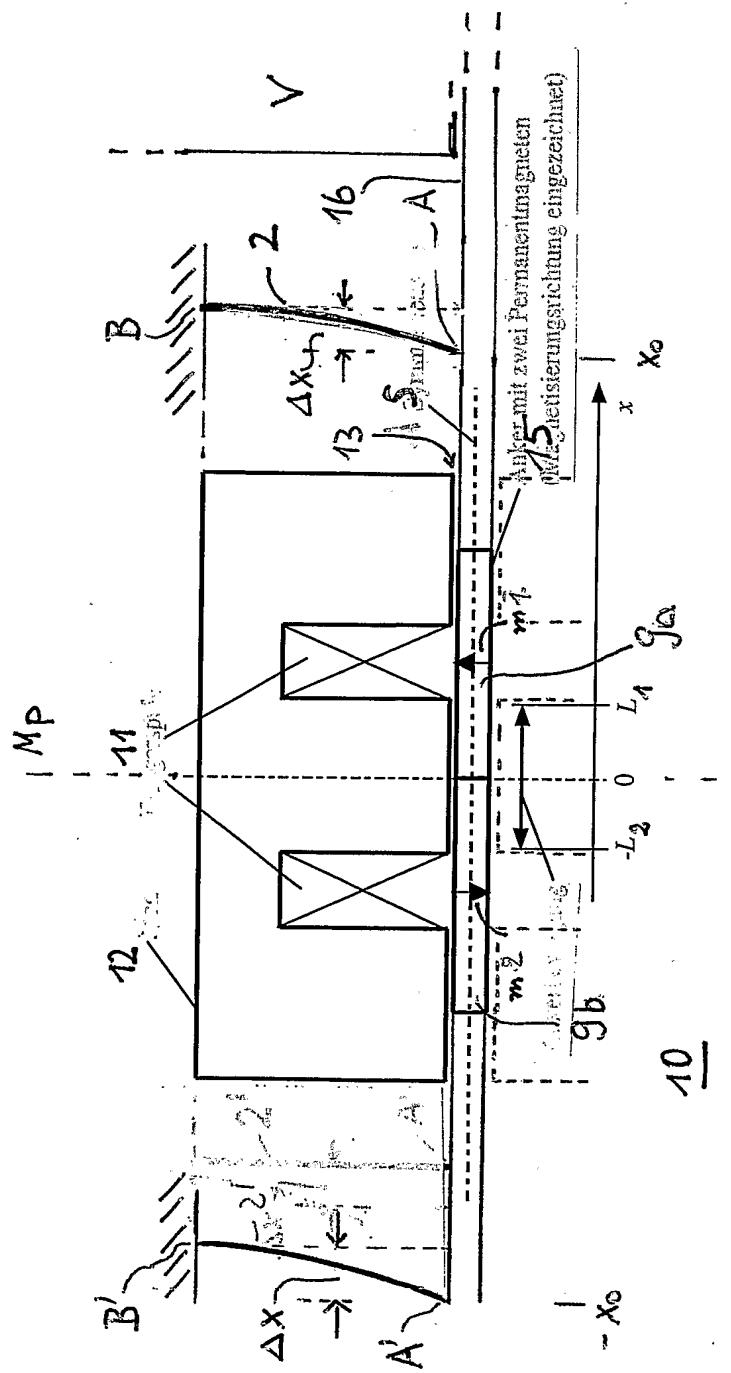
Zusammenfassung

Lineare Antriebseinheit mit Schwingungsankerteil und Feder

5 Die Antriebseinheit (10) enthält eine Erregerwicklung (11), ferner einen von dem Magnetfeld der Wicklung in eine lineare, um einen Mittenposition (Mp) in einer axialen Richtung (x) oszillierende Schwingung zu versetzenden magnetischen Anker- teil (15) und mindestens eine ortsfest an einer Einspannstelle (B, B') eingespannten Feder (2, 2'), die in Bewegungsrichtung wirkend an dem Ankerteil (15) mit ihrem schwingungsfähigen Ende (A, A') angreift. In der Mittenposition (Mp) des Ankerteils (15) soll der Angriffspunkt (A, A') der Feder (2, 2') an dem Ankerteil (15) bezüglich ihrer Einspannstelle (B, B') axial um eine vorbestimmte Wegstrecke (Δx) verschoben 10 sein, um so eine entsprechende Verschiebung des Ankerteils in seiner Ruhelage zu erreichen.

15

FIG 1



10

FIG 1.

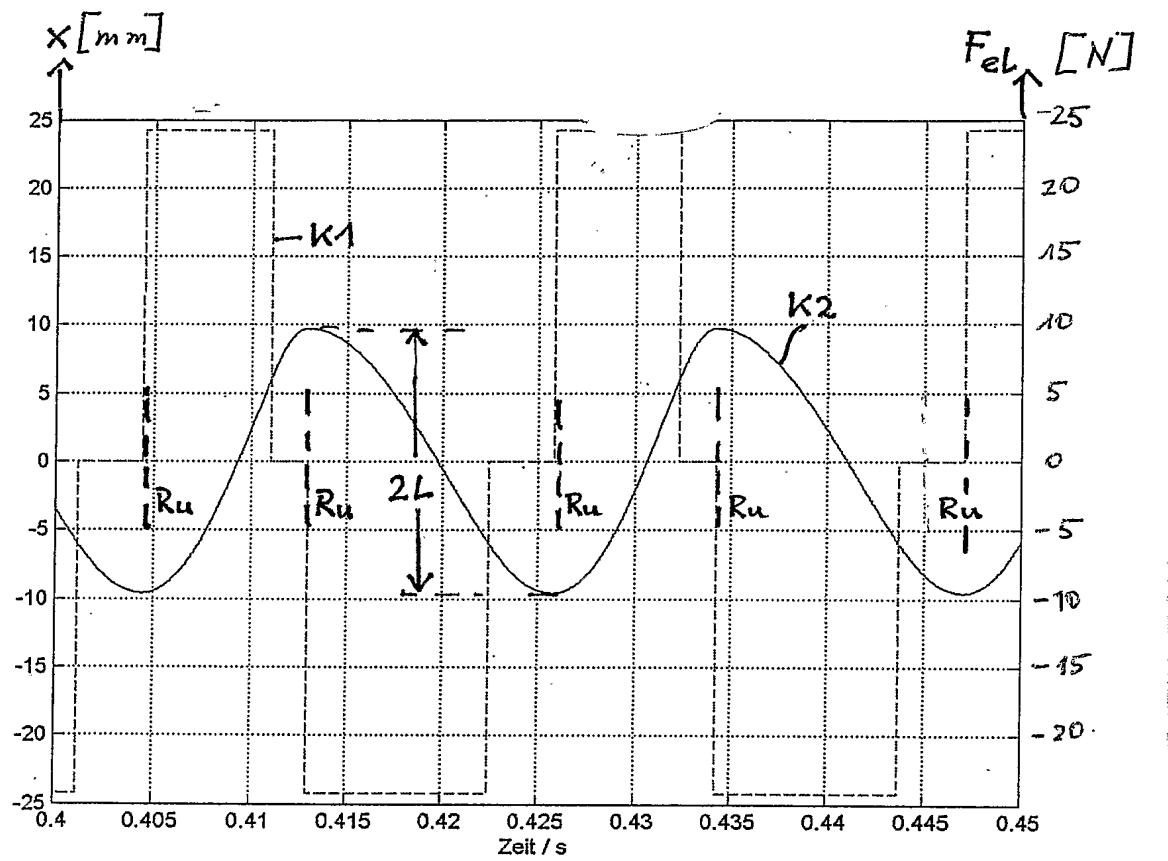


FIG 2

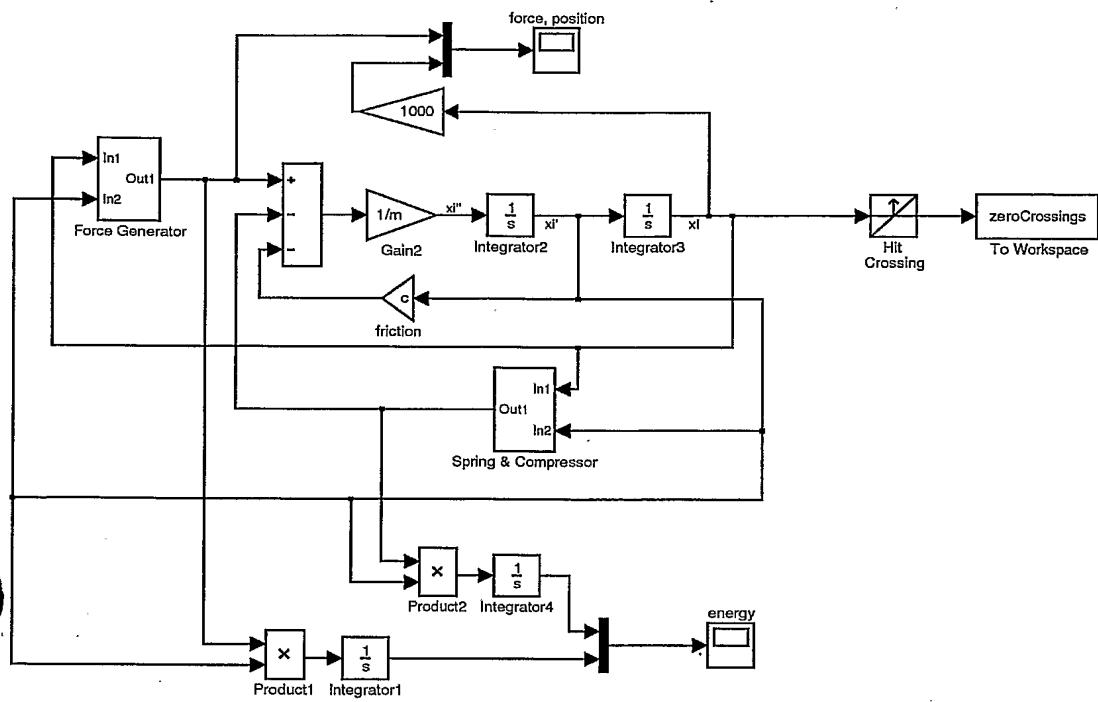


Fig 3